

CUALIDADES DEL COLOR. MEZCLAS E INTERACCIONES ENTRE COLORES. APLICACIÓN AL DISEÑO DE PRODUCTOS

1 INTRODUCCIÓN

El color juega un papel fundamental en todos los ámbitos de nuestra vida como códigos de comunicación, instrumento en artes plásticas, en el estudio y desarrollo de las ciencias, para la tecnología, el diseño, etc.

El color es un elemento sugestivo e indispensable, que presenta la naturaleza y los objetos creados por el hombre, que nos da una imagen completa de la realidad. Para que se produzca la sensación de color es necesario que haya luz. La luz es un fenómeno físico medible y representable, como haz de radiaciones. Este haz de luz incide sobre los objetos y se refleja de manera que es captado por la retina, la cual transmite esta sensación hasta el cerebro mediante el nervio ocular.

2 LA PERCEPCIÓN DEL COLOR POR EL OJO HUMANO

Cuando la luz penetra en el ojo, es curvada ligeramente por la córnea y luego más profundamente por la lente, con lo que la imagen se enfoca sobre los receptores de la parte posterior del ojo. La luz, debe viajar a través de las capas externas de la retina para penetrar en las células fotorreceptoras de su superficie interna.

La retina contiene dos tipos de células fotorreceptoras: *los bastones* (sensibles a la luz, se utilizan para la visión nocturna) y *los conos* (para la visión diurna y de color).

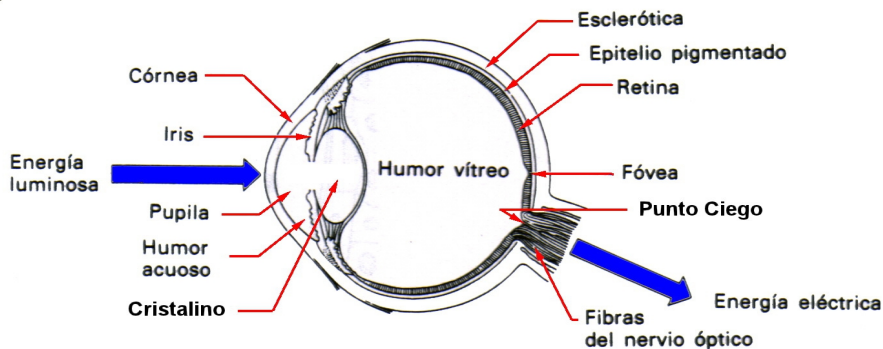
Esta parte terminal de los receptores (bastones y conos) está formada por pequeños discos paralelos que contienen sustancias fotoquímicas llamadas pigmentos fotosensibles, sensibles a diferentes longitudes de onda. Al pigmento de los bastoncillos se le llama rodopsina y al de los conos iodopsina.

- La rodopsina, bajo la acción de la luz, experimenta una transformación química por la que los bastoncillos se excitan, produciendo una transmisión en forma de impulsos nerviosos al sistema central y de esta forma se puede apreciar el claroscuro.
- La iodopsina tiene escasa sensibilidad para luces de poca intensidad. Los tres tipos de iodopsina (tres pigmentos distintos para la visión de los colores verde, rojo y violeta) pueden reaccionar a diversas longitudes de onda, lo que nos permite distinguir luces diversamente coloreadas.

El ojo es el órgano que actúa de transmisor de la información luminosa, desde la fuente externa a él, hasta el cerebro donde se interpreta.

Para que el cerebro configure una imagen, se siguen tres sistemas de procesamiento de la imagen:

- Sistema de análisis de forma, basado en las diferencias de iluminación (claroscuro).
- Sistema de análisis del color, basado en las células fotorreceptoras o captadoras de luz (bastoncillos o conos).
- Sistema de información espacial y movimiento.

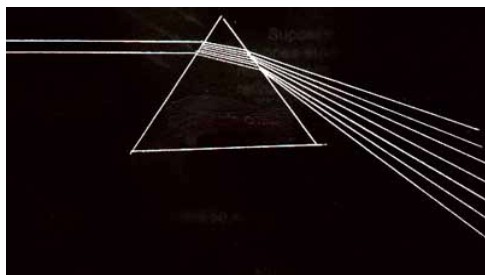


3 LUZ Y COLOR

En el siglo XVII Newton, mediante sus experiencias con un prisma, demostró que el color era consecuencia de la reflexión selectiva de la luz por parte de los objetos y que la luz era el efecto de las radiaciones visibles que formaban parte del espectro electromagnético.

3.1 El espectro electromagnético

El espectro electromagnético está formado por todas las ondas conocidas que se extienden por el universo. La unidad de medida aceptada para las longitudes de las ondas de las radiaciones electromagnéticas es el milicrón o milimicra que equivale a una millonésima de metro. El milicrón también se llama nanómetro.



(Prisma)

Rojo (700 nm)
Naranja (650nm)
Amarillo (600 nm)
Verde (550 nm)
Azul (500 nm)
Añil (450 nm)
Violeta (400 nm)

- Las longitudes de onda más largas corresponden a los tonos rojos y las más cortas a los azules.
- Las ondas cortas experimentan una desviación mayor.
- Partiendo de las ondas más cortas se aprecia: violeta, cyan, verde, amarillo, rojo y magenta.

Las radiaciones de longitud de onda más corta que el violeta se llaman *ultravioletas* y las superiores al magenta *infrarrojos*.

A partir de las experiencias de Newton, se perfilaron dos teorías:

- La teoría corpuscular: considera que los cuerpos luminosos emiten pequeñas partículas llamadas fotones que circulan en línea recta a gran velocidad.
- La teoría ondulatoria: mantiene que la luz se propaga por el espacio vibrando en dos campos perpendiculares entre sí, uno eléctrico y otro magnético.

3.2 Selección natural del color

Existen distintos fenómenos en la naturaleza de selección del color:

- El arco iris: las gotas de agua de la atmósfera producen el mismo efecto que al pasar la luz por el prisma.
- El mar: al aumentar la profundidad, se percibe más azulado debido a que las ondas rojizas son absorbidas en mayor cantidad que las azules.
- Las hojas de los árboles: las longitudes de onda más larga (rojo) son captadas como fuente de energía, reflejando el resto (verdes).
- La selección del color por la materia: La materia actúa como filtro pero por reflexión. Si la vemos blanca, refleja toda la luz, si la vemos de color, la refleja en parte y si la vemos negra es que la absorbe toda.

3.3 El color de los objetos

Puede darse en cuatro formas diferentes, según se produzca el reflejo de la luz:

- Coloración por pigmentación: cada pigmento muestra una afinidad hacia determinadas longitudes de onda que son las que absorbe (hojas de los árboles).
- Coloración por dispersión: las ondas de la luz se dispersan al atravesar el medio gaseoso de la atmósfera (color azul del cielo).
- Coloración por difracción: se da cuando la luz llega a una superficie estriada, que da como resultado una sucesión de tonos que cambian con el ángulo de observación.
- Coloración por interferencia: cuando la luz se refleja sobre dos caras de un mismo objeto y se interfieren sus longitudes de onda (manchas de aceite, pompas de jabón).

3.4 Producción del color

Para producir colores se utiliza una base simple de tres longitudes de onda o pigmentos que, mezclados entre sí, dan una gran cantidad de tonos intermedios. Métodos de obtención:

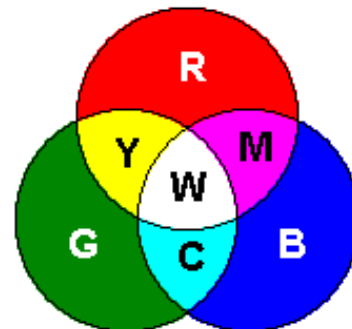
- Provocando radiaciones luminosas de una determinada longitud de onda (TV, luminotecnica).
- Seleccionando radiaciones de la luz blanca por medio de filtros (fotografía, artes gráficas).
- Utilizando materiales con propiedades de reflexión selectiva de radiaciones (pigmentos, tintas, pintura).

4 COLORIMETRÍA: MEZCLA DE COLORES

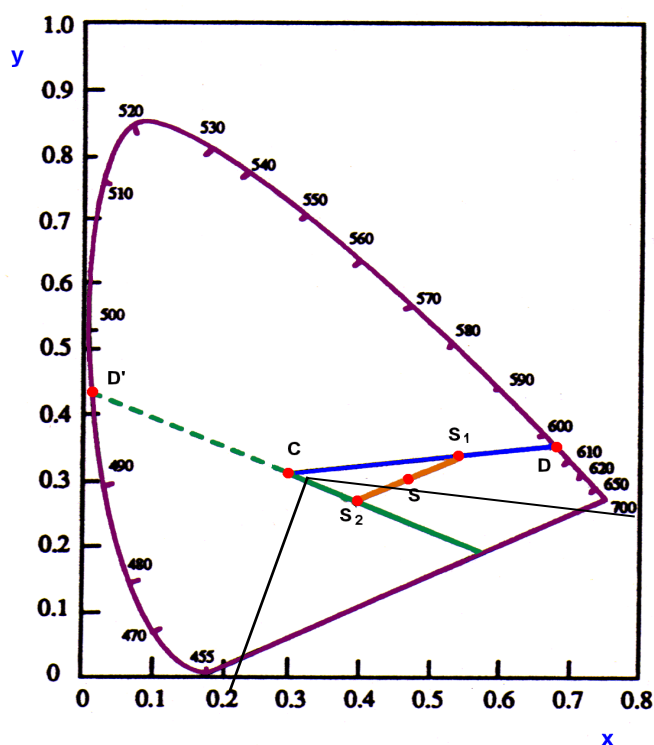
4.1 Síntesis aditiva Mezcla aditiva de colores

Cuando las luces se suman, este método recibe el nombre de “Sistema aditivo de Color”. Si sumamos fuentes luminosas con diferentes longitudes de onda, podemos generar muchos colores diferentes.

- Si combinamos de forma adecuada los colores Rojo (R), Verde (G) y Azul (B), se puede conseguir una gama de colores distintos más amplia que con otras combinaciones de colores (aunque nunca se obtendrán todos los colores).
- A estos tres colores (Rojo, Verde, Azul) se les llama *primarios*.
- Los colores amarillo (Y), Cyan © y Magenta (M), se llaman *secundarios*.
- Cuando se mezcla una cantidad aproximadamente igual de los tres colores R, G y B, obtenemos como resultado el Blanco (W).
- Decimos que dos luces son *complementarias* cuando la suma de ambas da luz blanca (la luz amarilla es complementaria de la magenta).



Cuando se mezclan aditivamente dos colores, el punto que representa la mezcla, se encuentra sobre un segmento rectilíneo que une los componentes en un diagrama cromático.



- La longitud de onda dominante de un color es la longitud de onda, en la cual, la recta que pasa por el punto blanco, y pasa a través del punto que representa el color, corta a la curva del espectro.
- Para un cierto color S_1 , la longitud de onda dominante (matiz) viene dada por el color D (605 nm).
- El color complementario de S_2 es D' (es decir la mezcla de S_2 y D' produce el blanco de referencia C).
- La saturación de S_1 viene dada por la relación CS_1/CD .
- El color S es una mezcla de los colores primarios S_1 y S_2 .
- La pureza de un color se define como la distancia del punto blanco al punto que representa el color en el espectro expresada en (%). La pureza de cualquier color es 100% y la del color blanco es 0.
- El lugar comprendido por la curva y el segmento rectilíneo que une sus extremos, se llama lugar de los colores reales.

Los colores que tienen sus puntos representativos dentro del triángulo de vértices (C-455-700) como es el punto (S_2), corresponden a los púrpuras o magentas. Puesto que las semirectas que parten del punto C y pasan por los puntos de este triángulo, no cortan a la curva lugar del espectro, los colores púrpura no pueden obtenerse por una mezcla de blanco y un color del espectro y se les denomina *no espectrales*. Para calcular la longitud de onda, se prolonga la recta pasando por C hasta que corte a la curva en D' .

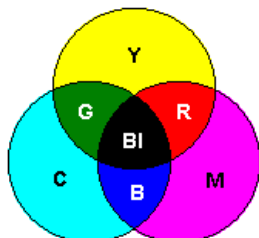
Si el factor de reflexión de una superficie, aumentase o disminuyese, la longitud de onda y la pureza no variarían, pero el brillo de la superficie sería diferente. Por ello, las superficies coloreadas no quedan determinadas completamente por su longitud de onda dominante y su pureza, sino que es necesario añadir también el factor medio de reflexión.

4.2 Mezclas sustractivas

La naturaleza genera a menudo colores por filtrado o sustracción de algunas longitudes de onda y reflejando otras. Este proceso, denominado Sustracción, se produce porque ciertas moléculas (denominadas pigmentos) absorben zonas particulares del espectro luminoso.

- Pigmento: es aquella sustancia química que tiene un poder de absorción selectivo sobre las radiaciones de la luz blanca.
- Filtros: son láminas transparentes capaces de retener ciertas longitudes de onda, o lo que es lo mismo, parte de la luz blanca.

Los tres colores primarios de los sistemas sustractivos son el Amarillo (Y), el Cyan (C) y el Magenta (M), que eran los secundarios de los sistemas aditivos.



- Mezclando las cantidades adecuadas de estos tres colores podemos conseguir una amplia gama de colores.
- Si los mezclamos en proporciones iguales obtendremos como resultado el color Negro (BI), en este caso los pigmentos absorben todas las longitudes de onda.

La mezcla sustractiva es diferente a la de los sistemas aditivos. En los sistemas aditivos, a medida que añadimos colores, el resultado se traduce en una luz que tiene cada vez más longitudes de onda. En cambio, el resultado de la mezcla sustractiva es una luz que posee menos longitudes de onda que la original.

Para los Sistemas de Mezcla Aditiva podemos pensar que los colores Rojo, Verde y Azul son el resultado de pasar una luz blanca por tres Filtros Paso Banda diferentes. En cambio, para los Sistemas de Mezcla sustractiva, los colores amarillo, Cyan y Magenta son el resultado de pasar una luz blanca por tres Filtros Rechaza Banda diferentes.

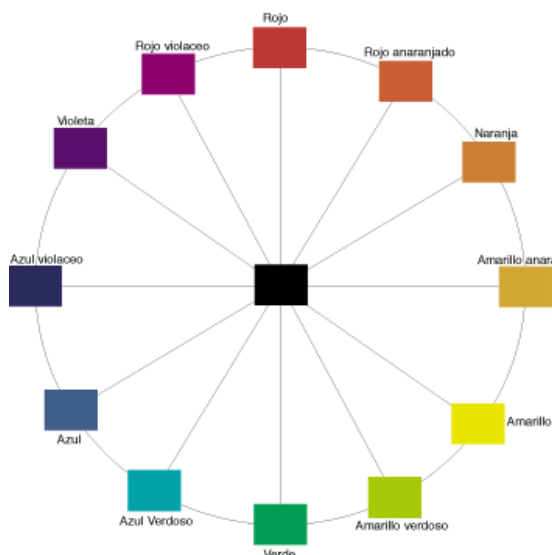
5 ORDENACIONES CROMÁTICAS. TONO, SATURACIÓN Y LUMINOSIDAD

La finalidad de la ordenación de los colores es la de conseguir un sistema claro y preciso de identificación de las múltiples combinaciones cromáticas posibles. Una ordenación completa de los colores tiene que ser tridimensional, ya que son tres las variables métricas que los definen:

- Tono: variación cualitativa del color, ligado a la longitud de onda de su radiación. Los colores que no tienen un tono dominante se llaman acromáticos y son el blanco, el negro y los grises neutros.
- Saturación: es el grado de predominio de un tono (pureza o intensidad).
- Valor (o luminosidad): es la cantidad de luz que es capaz de reflejar un pigmento determinado.

Dentro de las ordenaciones más simples están las modulaciones. Definimos modulación como la gradual variación y mezcla con que se modifica el color, en tono, saturación o en valor. Si la modulación se realiza de forma constante recibe el nombre de escalas, y pueden ser:

- Escalas cromáticas: modulan los tonos, es decir, son de color, y pueden ser:
 - Monocromas, si modulan un solo tono.
 - Policromas, si comprende varios tonos.
- Escalas acromáticas: son modulaciones de los grises neutros.



- El círculo cromático es un ejemplo de escala policroma. Se trata de la ordenación de los colores primarios y sus combinaciones binarias. El orden de sucesión de las mezclas es el mismo que el del espectro, uniéndose al final, por medio del magenta (combinación de rojo con el violeta).
- En el círculo, enfrente de un color, está su complementario. El círculo cromático nos muestra el color primario común a los secundarios vecinos y además su complementario (secundario que se encuentra en la posición opuesta).

Entre las diversas combinaciones de mezclas en el círculo cromático tenemos:

- Combinación de dos colores primarios en proporciones iguales o diversas: se obtendrán combinaciones en las que prevalezca el color dominante.
- Combinaciones entre dos colores adyacentes, uno primario y otro secundario: mezclados darán colores terciarios.
- Combinaciones entre complementarios: se obtendrá un color sucio que tenderá al negro.

6 LA MÉTRICA DEL COLOR

Las diversas modulaciones de un color, se indican con las tres constantes: tono, saturación y luminosidad. Para representar estas variables se idearon varios modelos tridimensionales entre los que destacan:

- El doble cono de Ostwald: donde el eje vertical muestra la escala de grises y blanco y la horizontal la escala del negro. Los colores se intensifican conforme se alejan del centro (gris neutro) y alcanzan su saturación completa en la periferia del cono. Según de alejen o acerquen a los polos blanco o negro nos dará la escala de luminosidad. En este sistema las tres variantes se definen mediante una cifra (nº del color en el círculo cromático) y dos letras (la 1ª indica el contenido en blanco y la 2ª en negro).
- El sólido de Munsell: Esferoide donde el polo superior marca el blanco y el polo inferior el negro. Al igual que en el cono de Ostwald, la saturación se intensifica cuando nos alejamos del eje neutro. La denominación de un color es la siguiente: un número y una letra designan el tono y la posición, y dos números separados por una barra indican la posición vertical en la escala de grises (luminosidad) y la posición de saturación sobre el eje horizontal.
- El cubo de Alfredo Hicethir: es un hexaedro apoyado sobre un vértice, donde su diagonal muestra la escala de grises, con el blanco arriba y el negro abajo. Cada color queda designado por tres cifras que son las cantidades de colores primarios que lo componen.
- El triángulo CIE (Comisión Internacional de Iluminación): valora los colores directamente de su posición en el espectro electromagnético. Se creó un triángulo donde a cada color le corresponde una longitud de onda. Alcanzan su máxima saturación en el contorno del triángulo o línea espectral.

7 APLICACIONES AL DISEÑO DE PRODUCTOS

7.1 Efectos del color. Psicología del color

La percepción del color provoca sentimientos y reacciones. Algunos factores que intervienen son: relaciones cromáticas, relaciones de superficie (textura, valor simbólico, cultural y emblemático, efectos ópticos, etc.)

7.2 Relaciones cromáticas

La percepción de un tono es relativa y depende de sus diferencias o similitudes con los tonos circundantes. Pueden considerarse dos tipos de relación: la de afinidad (si los tonos presentan pocas diferencias) y la de contraste si sus diferencias son muy notables (existen 7 tipos de contraste: de tono, blanco y negro, de saturación, de luminosidad, contraste simultáneo, entre complementarios y entre tonos fríos y calientes).

7.3 Relaciones de superficie

El tamaño de superficie coloreada influye de forma sustancial en el resultado.

7.4 Textura

La calidad o carácter de una superficie se denomina textura y su percepción relaciona los sentidos de la vista y el tacto.

7.5 Efectos ópticos. Ilusiones cromáticas

- El contraste sucesivo o post-imagen negativa: es el efecto producido cuando se contempla un color fijamente durante unos minutos.
- Efecto McCollough: si a una serie de piezas cuadradas de colores, les superponemos unas franjas negras (alternando horizontales con verticales sucesivamente), y después de observar la figura fijamente durante unos minutos, sustituimos los cuadrados de colores por cuadrados blancos, al fijar la vista de nuevo veremos que los espacios blancos se tiñen de los colores complementarios, manteniendo la posición de las franjas aún girando la figura.
- Contraste simultáneo. Efecto de difusión: Un disco amarillo sobre fondo negro aparenta tener mayor diámetro que un disco negro sobre fondo amarillo.
- Fusión por participación: Cuando los trazos o puntos de color son demasiado finos, se perciben fundidos en una superficie continua.

7.5.1 Valor simbólico, cultural y emblemático:

En casi todas las culturas el amarillo representa el sol y el verde, el mundo vegetal. Existen colores cálidos y colores fríos. A parte de ésta sensación térmica, los colores tienen importancia en el mundo de la decoración y la publicidad (los colores pálidos y claros amplían el espacio, los verdes son sedantes, los rojos excitan, los azules alejan y enfrían el ambiente, etc.).

En la tecnología moderna, el color se utiliza para la distinción de elementos en un conjunto, como las tuberías, los cables eléctricos, estableciéndose normas reguladoras de códigos de colores para determinadas aplicaciones.

7.6 Utilización objetiva y funcional del color

El comportamiento del color, su alcance y significado, no pueden ser los mismos aplicados a las obras de arte, que aplicados al diseño propiamente dicho. En ambos casos quedan determinados a priori por la intencionalidad del hombre. El artista aprovecha sus cualidades plásticas y expresivas (actitud subjetiva), mientras que el diseñador considera cuál será la reacción del consumidor ante determinados colores (su actitud debe ser objetiva).

El color suele ejercer sobre la persona que lo observa una triple acción o poder de: impresión (le atrae la atención), de expresión (le provoca emociones) y de construcción (su significado adquiere un valor simbólico). Esta operatividad del color se resume en los conceptos:

- Armonía: consiste en la integración de un color común al resto de los colores que forman un conjunto.
- Contraste: consiste en la integración de un color que nada tiene en común con el conjunto.

Los efectos de armonía y contraste comprometen las facultades del hombre, provocando reacciones y sensaciones afectivas, psicofisiológicas, asociativas y simbólicas, que condicionan el proceso de diseño.

Fundamentos del tipo perceptivo, psicológico y sociológico, han hecho que el color se haya orientado al servicio de otras necesidades de lenguaje y comunicación objetiva, cuando se le utiliza con valor simbólico y funcional, como por ejemplo en el campo de la industria y la técnica: tuberías, cables eléctricos, banderas, etc.

7.7 Aplicaciones para objetos del entorno humano

Una forma de utilizar objetivamente el color es la que se refiere a la aplicación del mismo a las superficies de los objetos y formas funcionales que están en el entorno humano, y que de alguna manera, influyen en las reacciones perceptivas, emocionales y operativas de las personas.

La experiencia demuestra que existen colores activos, animados y violentos, enfrentados a otros pasivos, suaves y reposados, así mismo, se ha observado que determinados objetos cuya venta ha sido escasa, han llegado a venderse al presentarse en otros colores y estudios ergonómicos han demostrado que el rendimiento laboral cambia con el color ambiental, el de las herramientas o el mobiliario.

Es más útil considerar los colores por conjunto que por colores aislados, ya que todo color modifica a sus colores vecinos y es modificado recíprocamente por éstos, y además se transforma con la luz, el tiempo y la distancia.

El color se comporta como un elemento de un conjunto más amplio, de ahí que haya que tener en cuenta dos parámetros: la dominante unitaria del conjunto cromático y las variedades en el interior del mismo conjunto. Este planteamiento supone un acercamiento a la teoría de Gestalt: “el conjunto es algo más que una simple adición de los elementos que lo componen”. El conjunto coloreado es, en realidad, un color complejo, unitario y variado a la vez.

El desacuerdo entre colores puede derivar del hecho que no se haya efectuado la elección estética. El buen o mal uso del color corresponde, por tanto, a la buena o mala respuesta que se dé al problema planteado. Sin embargo, gracias al concepto de conjuntos coloreados, podremos estudiar de forma coherente los diversos contextos de aplicación, lo cual era imposible a partir de los colores aislados.

7.8 Aplicaciones a la imagen

En la imagen se juega en dos dimensiones (el espacio, la luz y la materia, no son reales sino que sólo están sugeridos). Los colores en la imagen, podrán ser degradados (del claro al oscuro) de forma que proporcionen efectos más realistas, o por el contrario, podrán ser distribuidos de manera lisa buscando cierta sensación de irrealidad, mayor abstracción y simbolismo.

El elemento principal es la relación con la luz. En la imagen figurativa, por tanto, todo se relaciona con la sugestión (“sugestiones espaciales”). El color modelado en la luz, puede ser empleado para reforzar el realismo, o por el contrario, para abrirse hacia lo imaginario. Es pues, muy significativo que las mayores modificaciones efectuadas sobre una imagen figurativa se refieran esencialmente a los valores, más que a los colores (ejemplo: en el cine, lo fantástico se expresa mediante una inversión de los valores en negativo).

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	LA PERCEPCIÓN DEL COLOR POR EL OJO HUMANO.....	1
3	LUZ Y COLOR.....	2
3.1	EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	2
3.2	SELECCIÓN NATURAL DEL COLOR.....	2
3.3	EL COLOR DE LOS OBJETOS.....	2
3.4	PRODUCCIÓN DEL COLOR.....	2
4	COLORIMETRÍA: MEZCLA DE COLORES.....	3
4.1	SÍNTESIS ADITIVA MEZCLA ADITIVA DE COLORES.....	3
4.2	MEZCLAS SUSTRATIVAS.....	4
5	ORDENACIONES CROMÁTICAS. TONO, SATURACIÓN Y LUMINOSIDAD.....	4
6	LA MÉTRICA DEL COLOR.....	5
7	APLICACIONES AL DISEÑO DE PRODUCTOS.....	5
7.1	EFFECTOS DEL COLOR. PSICOLOGÍA DEL COLOR.....	5
7.2	RELACIONES CROMÁTICAS.....	5
7.3	RELACIONES DE SUPERFICIE.....	5
7.4	TEXTURA.....	5
7.5	EFFECTOS ÓPTICOS. ILUSIONES CROMÁTICAS.....	5
7.6	UTILIZACIÓN OBJETIVA Y FUNCIONAL DEL COLOR.....	6
7.7	APLICACIONES PARA OBJETOS DEL ENTORNO HUMANO.....	6
7.8	APLICACIONES A LA IMAGEN.....	6